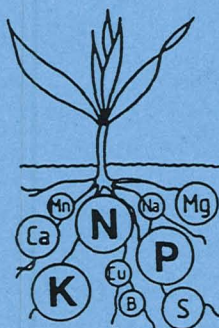




**Vädrets och kvävegödslingens inverkan
på växtproduktion och näringsupptag i
Bördighetsförsöket R3-9008, 1985-1992**

**Influence of weather and N-fertilization
on DM-yield and nutrient uptake in
the fertility experiment R3-9008, 1985-1992**

Enok Haak



**Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära**

**Swedish University of Agricultural Sciences
Dept. of Soil Sciences
Division of Soil Fertility**

**Rapport 200
Report**

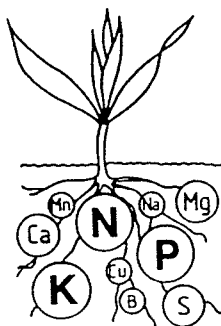
Uppsala 1999
ISSN 0348-3541
ISRN SLU-VNL-R-200-SE



**Vädrets och kvävegödslingens inverkan
på växtproduktion och näringsupptag i
Bördighetsförsöket R3-9008, 1985-1992**

**Influence of weather and N-fertilization
on DM-yield and nutrient uptake in
the fertility experiment R3-9008, 1985-1992**

Enok Haak



**Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära**

**Swedish University of Agricultural Sciences
Dept. of Soil Sciences
Division of Soil Fertility**

**Rapport 200
Report**

Uppsala 1999
ISSN 0348-3541
ISRN SLU-VNL-R-200-SE

FÖRORD

I föreliggande rapport redovisas ett 8-årigt speciellt bördighetssförsök R3-9008, 1985-1992. Försöket var placerat på baltisk sydvästmorän vid Svalöv-Weibulls försöksgård Örja utanför Landskrona. I försöket, som låg i anknytning till det långliggande ordinarie bördighetssförsöket, R3-9001, på denna plats, studerades vädrets och kvävegödslingens inflytande på skörd och näringsupptagning hos korn, våroljeväxter, sockerbeter och höstvetete. Efterverkan av stegrad kvävegödsling undersöktes 1993. Studierna finansierades av Stiftelsen Svensk Växtnäringsforskning.

Projektet, planlagt av professor Sven L. Jansson och statsagronom Lars Gunnar Nilsson, genomfördes av växtnäringsavdelningen vid SLU, i samarbete med SMHI, som registrerade väderdata från en på platsen särskilt uppförd station. Utläggning, skötsel och provtagning av grödor och mark sköttes av Ivan Larsson och Bertil Larsson, växt- och markanalyser av Pär Hillström och Bert Forsberg. Henrik Eckersten har hjälpt mig med modellarbetet.

Alla medverkande tackas för gott samarbete. Det är författarens förhoppning att denna undersökning skall bidra med ny kunskap om hur årsmånen via samspel med väderlek och kvävetillgång påverkar grödors biomassautveckling, näringsupptagning och slutskörd under fältbetingelser.

Uppsala i februari 1999

Enok Haak

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sida

SAMMANFATTNING	6
INLEDNING	7
MATERIAL OCH METODER	8
Försöksplats	8
Försöksplan	8
Försöksutförande, provtagningar och analyser	9
Registrering av väder	10
RESULTAT	13
Avkastning och näringsupptagning i slutskördar	13
Relativ avkastning och näringsupptagning i slutskördar	16
Tillväxt och näringsupptagning	18
Beskrivning av modellerna	19
Parameterisering av SOIL-modellen	20
Parameterisering av CROP-GROWTH-modellen	20
Simulering av kol- och kväveflöde 1985	21
Efterverkan av kvävegödsling 1993	26
DISKUSSION	26
SUMMARY	28
LITTERATUR	29
BILAGA	30

SAMMANFATTNING

Under 1985-92 genomfördes ett speciellt bördighetsförsök på SVALÖV-WEIBULLS försöksgård Örja, Landskrona med avsikt att studera årsmånens/klimatets inverkan på grödornas utveckling och slutskörd.

I försöket, som anslöt till det fastliggande bördighetsförsöket i serien R3-9001 på samma plats, odlades korn, vårraps, sockerbetor och höstvetete varje år i två upprepningar och under två växtföljder.

Grödorna, som grundgödslades med P och K som i led C2 i R3-9001 samt med tre kvävegivor, N1, N2 och N3, provtogs var 14:e dag under växtperioden för analys av tillväxt och näringshalter. De slutskördades vid mognad.

Från en klimatstation intill försöket registrerades 10 klimatparametrar. Sex av dessa, vindhastighet, lufttemperatur, relativ fuktighet, globalstrålning, antal soltimmar och nederbörd per dygn, har använts för att tolka resultaten.

Skördeutbytet av ekonomiskt viktiga produkter varierade med gröda och kvävenivå. Årsmånsvariationerna i skörd och näringsupptagning var större utan N-gödsling, N1, än vid kvävegödsling, N2 och N3.

Kväveregimen i sig påverkade markens kvävestatus att döma av visad efterverkan av kvävegödsling år 1993, leden N2 och N3 jämförda med ledet N1.

Örja synes vara säkrare för odling av stråsäd än oljeväxter och sockerbetor. Detta kan tolkas som att vädret har större inflytande på de två senare grödornas utveckling. För sockerbetorna med längre växtperiod är detta naturligt med hänsyn till att hösttemperaturen begränsar sockerskörden.

I modellarbetet simulerades först markvatten och temperatur mot en SOIL-modell. N-omsättningen i marken simulerades genom att använda output från SOIL-modellen som input till en SOILN-modell. Output från SOILN-modellen användes slutligen som input till en NITROGEN-submodell i sin tur länkad till en BIOMASS submodell av en CROP-GROWTH modell.

Detta set av modeller användes för att utvärdera translokeringen av biomassa och kväve till ekonomiskt viktiga skördeprodukter från, rot, stam och blad för alla fyra grödorna och de tre N-leden N0, N2 och N3 under 1985.

Användning av detta modellsystem, som anpassar biomassa- och kväveflöde till grödans ljusabsorption samt responsfunktioner för temperatur-, vatten- och kvävestatus, får anses lovande. En utvidgning av arbetet till samtliga 96 kombinationer av år, gröda och N-led vore värdefull.

INLEDNING

Ändamålet med växtodling är att omvandla solljus och koldioxid till organisk substans, vilket är liktydigt med produktion av ekonomiskt viktiga skördeprodukter. Hur väl man lyckas med detta beror av ett stort antal tillväxtfaktorer, inre genetiska faktorer, specifika för växtslag och sort, samt yttre mark- och klimatfaktorer, specifika för växtplatsen. Åtgärder som kan påverka utbytet för enskilda grödor och växtplatser är sortval, gödsling, jordbearbetning och växtskydd.

De flesta förändringar i ett växtbestånd under växtperioden är uttryck för samspel mellan den ontogenetiska utvecklingen hos grödan och dessa tillväxtfaktorer. Förändringarna tar sig uttryck i en av nettofotosyntesen betingad bladutveckling som i sin tur är betingad av den vegetativa skott- och rottillväxten, och för grödor som stråsäd och oljeväxter påverkar den senare generativa kärn respektive fröutvecklingen.

Integrerat över växtperioden kan vi betrakta skörden, som en produkt av dessa tillväxtfaktorer summerad dag för dag eller för olika tidsperioder. Det kvantitativa slutresultatet blir den biologiska nettoskörden och/eller den ekonomiskt viktiga skörden. Vi kan skriva detta samband som följer.

$$\text{Skörd} = A_{1...} \times (f_{1...} * k_{1...} * b_{1...}) \times (Q * T * E / E_p) \times \text{LAD} \quad (1.1)$$

där $A_{1...}$ = genetiska faktorer
 $f_{1...}$ = fysikaliska markfaktorer
 $k_{1...}$ = kemiska markfaktorer
 $b_{1...}$ = biologiska markfaktorer
 Q = globalstrålning
 T = temperatur
 E = verklig evapotranspiration
 E_p = potentiell evapotranspiration
 E/E_p = relativ evapotranspiration
 LAD = leaf area duration, dvs varaktigheten av bladyta, LAI, integrerad över växtperioden

Detta samband indikerar att skördevariationer, beror dels av inre genetiska faktorer, dels av yttre mark- och klimatfaktorer som i samspel med insatta åtgärder påverkar beståndets bladyterikedom och utveckling under växtperioden. Skördevariationer från år till år betingas starkt av klimatfaktorerna Q och T samt E/E_p . Deras inverkan på fyra vanliga lantbruksgröders tillväxt och näringsupptagning samt deras ekonomiska och biologiska skörd eller biomassaproduktion undersöks i detta arbete vid tre olika kvävegödslingsnivåer.

I anslutning till bördighetsförsöket, R3-9001 vid Örja på Svalöv-Weibulls försöksgård, Landskrona, upprättades 1985 en klimatstation av SMHI. Samtidigt startades ett tilläggsförsök, R3-9008. Försöket pågick under 8 år, 1985-1992. Denna redovisningen omfattar försöksbeskrivning och kommentarer av väderdata samt en diskussion av variationer i slutskördar av torrsubbstans och upptagning av N , P och K samt av tillväxt i biomassa och kväveupptagning, modellerad för 1985. Arbetet utfördes med stöd av Stiftelsen Svensk Växtnäringsforskning.

MATERIAL OCH METODER

Försöksplats

Försöksplatsen låg på baltisk sydvästmorän. Den innehåller flinta som är typiskt för dessa bördiga baltiska moränleror (Jansson, 1975; Ivarsson & Bjarnason, 1988). Jordarten är en något mullhaltig moränlättilera med högt pH-värde, 7,1 i mat-orden och 8,0 i alven. P-Al-talet var 6,8 och 1,3 samt K-AL-talet 11,9 och 11,3 i matjorden respektive alven.

Förutsättningarna för rotgenomvävnad och rotpenetration samt närings- och vattenupptagning från djupa markskikt är goda (Karlström & Haak, 1991). Följande markfysikaliska profildata hämtade från Kirchmann (1993) visar även detta, tabell 1. Porositeten är hög i matjorden och ökar nedåt i alven liksom mängden tillgängligt vatten, mätt som differensen mellan fältkapacitet och permanent vissningpunkt (FK-WP). Denna mängd är 49 mm i matjorden, 0-30 cm, och 209 mm från markytan ned till 1 m i alven.

Tabell 1. Fysikaliska parametrar i markprofilen
Table 1. Physical parameters in the soil profile

Djup Depth cm	Vol.vikt Density kg dm ⁻³	Porositet Porosity %	Vatteninneh./Water cont.mm		
			FK/FC	WP/WP	FK-WP
0- 10	1,81	30,0	31,0	15,2	15,8
10- 20	1,72	34,3	31,8	15,2	15,8
20- 30	1,74	33,8	31,8	15,2	15,8
30- 40	1,66	37,2	30,5	11,3	19,2
40- 50	1,63	38,3	30,1	11,3	18,8
50- 60	1,58	40,9	32,5	11,3	21,2
60- 70	1,62	39,4	33,4	11,3	22,1
70- 80	1,62	39,3	33,2	11,3	21,9
80- 90	1,65	39,2	39,5	11,3	28,2
90-100	1,64	39,6	41,1	11,3	29,8

Försöksplan

De fyra grödor som odlades varje år - till skillnad från endast en gröda per år i det större huvudförsöket anlagt 1956 - var vårkorn (*spring barley*), sockerbetor (*sugar-beets*), vårraps (*spring rape*) och höstvetete (*winter wheat*). År 1985 var oljeväxten kryddsenap (*spice mustard*). Tilläggsförsöket pågick under två fyraåriga, modifierade Norfolk-växtföljder. I detta försök ersattes vallen med oljeväxter.

1985	Höstvete	Sockerbetor	Korn	Kryddsenap
1986	Sockerbetor	Korn	Vårraps	Höstvete
1987	Korn	Vårraps	Höstvete	Sockerbetor
1988	Vårraps	Höstvete	Sockerbetor	Vårraps
1989	Höstvete	Sockerbetor	Korn	Vårraps
1990	Sockerbetor	Korn	Vårraps	Höstvete
1991	Korn	Vårraps	Höstvete	Sockerbetor
1992	Vårraps	Höstvete	Sockerbetor	Vårraps

Försöket omfattade 2 samrutor av 4 grödor och 3 behandlingar. De tre försöksleden N0, N2 och N3 är identiska med leden C0, C2 OCH C3 i huvudförsöket (Jansson 1975). Detta innebar att PK-gödslingen i led C motsvarar bortförsel + 15 kg P och 40 kg K per hektar och år. Kvävegödslingarnivåerna i leden N0, N2 och N3, varierade för grödorna i kg per hektar som följer.

<u>Gröda/Crop</u>	N0	N2	N3
Korn	-	60	90
Vårraps	-	100	150
Höstvete	-	100	150
Sockerbetor	-	140	210
Summa per växtföljd	-	400	600
Sum per crop rotation			

Försöksutförande, provtagningar och analyser

Kvävet tillfördes som ammoniumnitrat, N28. Det bredspriddes på våren till korn, vårraps och sockerbetor före sådd och till höstvete när beståndet var ca 20 cm högt. Fosfor som superfosfat och kalium som kaliumklorid bredspriddes till alla grödor på våren 1985, och sedan två gånger per växtföljd, till korn på våren och till sockerbetor på hösten efter skörd av höstvetegrödan. På våren 1992 erhöles alla grödorna en avslutande PK-gödsling för komplettering av ursprunglig gödslingssregim.

Grödorna provtogs var 14:e dag under de 8 växtperioderna. Två prov av stråsädes- och oljeväxtplanter från 3 x 1 sträckmeter per parcell avskars ca 2 cm ovanför markytan. Två prov av fyra sockerbetsplanter togs upp på tre platser per parcell. Det provtagna växtmaterialet, från respektive 0,375 och 1,44 m², torkades vid 70 °C och vägdes. Under de senare delarna av växtperioderna uppdelades växtproverna i halm och kärna/frö samt i betor och blast. Slutskördar från två 10 m² nettoparceller provtogs på samma sätt. Stråsäd och oljeväxter, tröskades. Datum för sådd, första och sista provtagning samt för slutskörd under 1985-1992 anges i tabell 2.

Tabell 2. Datum för sådd och vissa provtagningar
Table 2. Date of seeding and certain samplings

Gröda Crop	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
<u>Sådd/Seeding</u>								
Korn	12.4	11.4	28.4	16.4	2.4	2.4	4.5	11.4
Vårraps	11.5	11.4	28.4	16.4	12.4	2.4	4.5	11.4
Höstvete	20.9	19.9	19.9	7.10	21.9	2.10	18.9	18.9
Sockerb.	11.5	5.5	5.5	19.4	18.4	10.4	23.4	24.5
<u>Första provtagning/First sampling</u>								
Korn	3.6	20.5	25.5	16.5	8.5	2.5	13.5	18.5
Vårraps	3.6	20.5	9.6	30.5	22.5	15.5	10.6	1.6
Höstvete	3.6	20.5	25.5	16.5	24.4	17.4	13.5	4.5
Sockerb.	17.6	16.6	6.7	27.6	5.6	28.5	24.6	1.6
<u>Sista provtagning/Last sampling</u>								
Korn	12.8	11.8	31.8	8.8	31.7	23.7	5.8	27.7
Vårraps	9.9	11.8	14.9	8.8	14.8	6.8	19.8	10.8
Höstvete	26.8	11.8	31.8	8.8	14.8	23.7	19.8	27.7
Sockerb.	7.10	6.10	28.9	19.9	25.9	10.10	14.10	21.9
<u>Slutskörd/Final harvest</u>								
Korn	14.8	12.8	1.9	8.8	5.8	27.7	12.8	3.8
Vårraps	10.9	21.8	30.9	16.8	22.8	17.8	30.8	24.8
Höstvete	10.9	18.8	11.9	9.8	22.8	2.8	30.8	3.8
Sockerb.	17.10	8.10	15.10	26.9	25.9	11.10	31.10	5.10

Registrering av väder

Från den intill försöket belägna klimatstationen online-registrerades 10 parametrar till dator i Norrköping. Dessa tabellerades och utskrevs sedan av SMHI. Registreringen av vissa parametrar fungerade tidvis inte. Motsvarande data har då ersatts med data från SMHI:s meteorologiska station i Lund.

1. VINDHASTIGHET/WIND VELOCITY 0,1 M/S
2. LUFTTEMPERATUR/AIR TEMPERATURE 0,1 C
3. REL.FUKTIGHET/RELATIVE HUMIDITY %
4. GLOBALSTRÅLNING/GLOBAL RADIATION KJ/M**2
5. SOLTIMMAR/NUMBER OF SUN HOURS 0,1 H
6. NEDERBÖRD/PRECIPITATION 0,1 MM
7. MARKTEMPERATUR/SOIL TEMPERATURE 0,1 C
8. LUFTTEMPERATUR/AIR TEMPERATURE MAX 0,1 C
9. LUFTTEMPERATUR/AIR TEMPERATURE MIN 0,1 C
10. FÖRHÄRSKANDE VINDRIKTNING/DOMINATING WIND DIRECTION

De sex förstnämnda klimatparametrarna är aktuella i detta sammanhang. Parametrarna 1-5 erfordras för beräkning av potentiell evapotranspiration, E_p , enligt Pennman (1948) och 6 och 7 för bedömning av markfuktighet. Nedan redovisas vissa data månadsvis för april till oktober, 1985-1992. Medelvärden har också beräknats för perioderna maj-augusti och för april-oktober.

Tabell 3. Globalstrålning, MJ m⁻², och lufttemperatur, °C per dygn, för månaderna maj-oktober 1985-92
 Table 3. Global radiatio, MJ m⁻², and air temperature, °C per day, in the months May- October 1985-92

Månad Month	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
<u>Globalstrålning/Global radiation</u>								
Apr	10,2	11,3	12,1	14,1	14,0	15,5	11,5	11,6
Maj	10,0	17,8	17,0	20,2	21,7	20,6	18,3	21,5
Jun	17,3	19,2	14,5	18,8	22,0	19,0	13,3	23,6
Jul	18,4	18,6	16,3	15,4	18,1	18,9	18,6	21,0
Aug	14,3	16,0	13,0	14,1	13,5	15,8	14,8	13,6
Sep	8,9	10,0	10,0	9,4	10,9	9,0	10,4	10,3
Okt	5,3	5,2	5,9	5,2	4,9	4,9	5,5	5,0
Maj-Aug	17,3	17,9	15,2	17,1	18,8	18,6	16,2	19,9
Apr-Okt	13,3	14,0	12,7	13,9	15,0	14,8	13,2	15,2
<u>Lufttemperatur/Air temperature</u>								
Apr	15,8	5,3	6,8	5,7	7,0	8,3	6,9	6,3
Maj	13,0	13,2	10,6	12,8	12,4	12,9	9,6	13,8
Jun	14,9	13,0	13,4	16,5	15,3	16,1	12,7	17,5
Jul	17,1	17,1	14,4	17,3	17,5	16,5	18,1	18,5
Aug	16,9	15,7	15,4	16,3	15,9	17,5	17,9	17,3
Sep	13,2	11,3	12,9	14,0	14,0	12,5	14,2	12,2
Okt	10,8	9,9	9,8	8,4	10,5	10,1	9,1	6,2
Maj-Aug	15,5	14,8	13,7	15,7	15,3	15,8	14,6	16,8
Apr-Okt	13,1	12,2	12,0	13,0	13,2	13,4	12,6	13,1

Av värdena för globalstrålning i tabell 3 framgår att år 1987 var det minst och 1992 det mest gynnsamma året för fotosyntes medan övriga år intog en varierande mellanställning. Som genomsnitt för maj-agusti och 4-årsperioden 1985-1998 visade år 1987 ca 2 enheter lägre globalstrålning ock likaså år 1991 för 4-årsperioden 1989-1992. Globalstrålning och lufttemperatur var givetvis korrelerade. Låga temperaturer noterades under flera månader 1987 och 1991 jämfört med de övriga åren.

Tabell 4. Månadssummor av nederbörd och potentiell evapotranspiration under maj-oktober 1985-92
 Table 4. Monthly sums of precipitation and potential evapotranspiration during May-October 1985-92

Månad Month	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
<u>Nederbörd/Precipitation, mm</u>								
Apr	45	17	43	23	24	42	44	32
Maj	20	49	31	27	7	47	53	23
Jun	61	20	57	31	57	111	160	0
Jul	51	88	97	67	61	79	52	82
Aug	98	36	40	39	115	59	58	102
Sep	46	36	61	54	18	158	44	58
Okt	15	35	20	38	61	60	35	49
Maj-Aug	230	193	225	164	240	296	322	207
Apr-Okt	336	281	349	279	343	556	446	346
<u>Potentiell evapotranspiration</u> <u>Potential evapotranspiration</u>								
Apr	42	45	45	48	48	66	50	55
Maj	107	99	85	105	97	98	97	112
Jun	89	93	77	96	98	104	72	114
Jul	103	105	90	84	94	109	105	119
Aug	74	86	65	77	60	91	92	99
Sep	43	43	42	43	38	47	53	48
Okt	14	11	16	0	3	14	18	24
Maj-Aug	373	383	317	362	349	402	317	444
Apr-Okt	472	482	420	453	438	529	439	571
<u>Nederbörd - Potentiell evapotranspiration, mm</u> <u>Precipitation - Potential evapotranspiration, mm</u>								
Apr	3	-28	-2	-25	-24	-24	-6	-23
Maj	-87	-50	-54	-78	-90	-51	-44	-89
Jun	-28	-73	-20	-65	-41	7	88	-114
Jul	-52	-17	7	-17	-33	-30	-53	-37
Aug	24	-50	-25	-38	55	-32	-34	3
Sep	3	-7	19	11	-20	111	-9	10
Okt	1	24	4	38	58	46	17	25
Maj-Aug	-143	-190	-92	-198	-109	-106	-43	-237
Apr-Okt	-136	-201	-71	-174	-95	529	27	225

Av tabell 4 framgår att nederbörden var högst under 1990 och lägst under 1988 såväl under maj-augusti som den längre perioden april-oktober. Den potentiella evapotranspirationen var klart lägre under 1987 än övriga år och högst under 1992. År 1992 var ett extremår med avsaknad av nederbörd från mitten av maj till mitten av juli, vilket gav kraftigt nederbördsunderskott särskilt under juni detta år.

RESULTAT

Som nämnts inledningsvis betingas skördevariationer från år till år av komplicerade samspel mellan klimatfaktorer och markfaktorer. Av klimatfaktorerna är det i första hand globalstrålning, temperatur och relativ evapotranspiration, som utgör själva drivvariablerna vid fotosyntes och torrsubstansproduktion. Den relativa evapotranspirationen utgör i sin tur kvoten mellan verklig och potentiell evapotranspiration varav den senare bestäms av vattenbalansen, dvs av nederbörd och det enskilda fältets förmåga att buffra mot grödans vattenupptagning. Av övriga markfaktorer är det enbart kvävefaktorn, som vi medvetet har varierat genom kvävegödsling. Nedan behandlas först årsvariationerna i slutskördar och näringsupptagning i ekonomiska skördeprodukter.

Avkastning och näringsupptagning i slutskördar

De två vanligaste klimatparametrarna, som brukar anges för bedömning av vädrets inflytande på skörderesultatet under fältbetingelser är lufttemperatur och nederbörd. Vi har redan konstaterat att temperaturen var lägst under 1987. Under maj och juli var den i genomsnitt ca 3 grader lägre per dygn än under de flesta övriga år. Den potentiella evapotranspiration var samtidigt låg under 1987 och det var därför naturligt att förvänta sig en lägre avkastning detta år. Tabell 5 visar att endast sockerbetorna, som lämnade en väsentligt lägre avkastning detta år.

Effekten av stegrad kvävegödsling varierade från år till år. Avkastningen av ekonomiska skördar var som väntat avsevärt lägre utan kvävegödsling i led N0 än i led N2 medan ytterligare ökning i led N3 varierade med grödan. Skörden var i regel större för vårraps (kryddsenap 1985) än för höstvetete och korn och lägst för sockerbetor.

I tabell 5 anges även kväveupptagning i de tre försöksleden och i tabell 6 även motsvarande fosfor- och kaliumupptagning, dvs näringsupptagning som lokaliserats till de ekonomiskt viktiga skördeprodukterna. Helt naturligt ökade dessa från led N0 till led N2 och som regel i mindre grad från led N2 till led N3. Av intresse att notera är den höga kaliumupptagningen för sockerbetor, och då särskilt vid kvävegödsling i led N2 och N3.

Tabell 5. Skörd och kväveupptagning i ekonomiska skördeprodukter av korn, vårraps (1985 kryddsenap) och höstvete (15 % vatten), samt sockerbetor (friskvikt)
 Table 5. Crop and N-yield of economic yield products of barley, spring rape (1985 spice mustard) and winter wheat (15 % water), and of sugar-beets (fresh weight)

År Year	Skörd Yield				Kväveupptagning N-yield			
Led Treatment	Korn kg/ha	Vår- raps kg/ha	Höst- vete kg/ha	Socker betor t/ha	Korn kg/ha	Vår- raps kg/ha	Höst vete kg/ha	Socker betor t/ha
	<u>Sådatum/Seeding date</u>				<u>Skördedatum/Final yield</u>			
<u>1985</u>	<u>22.4</u>	<u>11.5</u>	<u>21.9</u>	<u>11.4</u>	<u>14.8</u>	<u>10.9</u>	<u>26.8</u>	<u>6.10</u>
N0	2140	260	1890	18,5	24,6	5,8	21,8	26,5
N2	4660	820	4540	43,4	51,5	18,5	52,5	80,5
N3	5480	1030	5500	44,8	70,3	26,6	79,0	97,0
<u>1986</u>	<u>11.4</u>	<u>11.4</u>	<u>19.9</u>	<u>5.5</u>	<u>12.8</u>	<u>18.8</u>	<u>18.8</u>	<u>7.10</u>
N0	2520	560	3240	31,2	36,6	12,9	36,6	38,6
N2	4380	1450	5850	54,1	56,2	34,1	69,1	87,1
N3	5670	2460	7000	54,1	68,0	65,7	99,4	85,2
<u>1987</u>	<u>28.4</u>	<u>28.4</u>	<u>19.9</u>	<u>5.5</u>	<u>1.9</u>	<u>30.9</u>	<u>11.9</u>	<u>15.10</u>
N0	3120	1070	3030	13,4	42,4	27,4	43,4	17,5
N2	4930	1440	5900	37,2	73,8	40,1	90,3	53,8
N3	5070	1990	6550	37,5	84,5	63,3	107,2	59,3
<u>1988</u>	<u>16.4</u>	<u>16.4</u>	<u>7.10</u>	<u>19.4</u>	<u>8.8</u>	<u>16.8</u>	<u>9.8</u>	<u>26.9</u>
N0	2170	650	2720	17,8	32,1	18,4	36,1	28,1
N2	4990	1910	5900	41,0	77,2	55,8	94,3	54,6
N3	5100	2230	6440	42,9	83,2	68,6	112,8	67,3
<u>1989</u>	<u>12.4</u>	<u>12.4</u>	<u>21.9</u>	<u>18.4</u>	<u>5.8</u>	<u>22.8</u>	<u>22.8</u>	<u>25.9</u>
N0	2780	750	3700	29,6	39,2	19,5	45,9	30,4
N2	5280	1370	6870	49,3	87,0	39,2	114,4	69,5
N3	5360	1860	7150	51,8	92,9	58,7	127,6	79,1
<u>1990</u>	<u>2.4</u>	<u>2.4</u>	<u>2.10</u>	<u>10.4</u>	<u>27.7</u>	<u>17.8</u>	<u>2.8</u>	<u>11.10</u>
N0	2730	500	3340	32,3	44,8	15,1	56,8	40,0
N2	4990	1280	6980	53,5	93,3	40,0	118,7	92,9
N3	5590	1480	8050	60,5	110,2	58,6	156,0	100,6
<u>1991</u>	<u>11.4</u>	<u>11.4</u>	<u>18.9</u>	<u>24.5</u>	<u>12.8</u>	<u>30.8</u>	<u>30.8</u>	<u>31.10</u>
N0	2940	660	2970	20,6	39,2	24,4	38,1	22,8
N2	5740	1860	6370	45,5	75,1	60,6	93,1	69,6
N3	6210	2180	7070	46,4	83,4	75,8	130,4	78,9
<u>1992</u>	<u>4.5</u>	<u>4.5</u>	<u>18.9</u>	<u>23.4</u>	<u>3.8</u>	<u>24.8</u>	<u>3.8</u>	<u>5.10</u>
N0	1100	610	3370	50,3	16,4	15,6	45,8	56,4
N2	4080	1360	5650	62,2	60,3	43,2	82,6	96,7
N3	4470	1620	7180	71,8	69,2	51,5	117,8	100,3

Tabell 6. Fosfor- och kaliumupptagning, kg ha⁻¹, i ekonomiska skördeprodukter av korn, vårraps (1985 kryddsenap, höstvete och sockerbetor)
 Table 6. P and K yield, kg ha⁻¹ of economic products of barley, spring rape (1985 spice mustard, winter wheat and sugar-beets)

År Year	Fosforupptagning P-yield				Kaliumupptagning K-yield			
Led Treat- ment	Korn	Vår- raps	Höst- vete	Sock- erbetor	Korn	Vår- raps	Höst- vete	Sock- erbetor
1985								
N0	6,3	1,9	5,4	8,0	8,9	1,9	6,8	39,8
N2	13,4	5,9	13,3	19,2	20,1	5,8	16,2	115,3
N3	15,4	7,3	14,2	19,8	22,7	7,5	18,3	115,1
1986								
N0	7,3	3,5	8,8	9,2	10,5	3,3	11,8	69,0
N2	13,0	8,5	14,9	15,6	17,5	8,3	21,3	120,5
N3	15,9	14,4	17,3	15,1	22,6	14,0	22,0	121,2
1987								
N0	13,9	8,2	11,6	7,4	19,1	9,2	12,0	33,4
N2	22,0	11,5	22,6	19,1	30,4	13,5	24,3	88,6
N3	22,6	15,8	23,9	17,2	31,9	17,9	26,2	105,1
1988								
N0	8,1	4,6	9,2	11,0	11,2	4,9	10,6	44,3
N2	17,0	13,0	19,1	17,9	23,3	13,6	24,1	79,2
N3	16,5	14,6	20,8	16,9	22,5	16,1	24,6	90,8
1989								
N0	9,4	6,2	12,0	12,5	10,2	6,1	16,0	63,7
N2	15,7	9,6	20,4	18,6	18,8	10,1	26,9	125,3
N3	16,9	11,5	20,7	18,2	18,2	15,5	27,4	126,8
1990								
N0	9,3	4,2	10,8	12,3	14,2	4,6	12,8	59,2
N2	15,3	8,5	21,4	13,3	25,0	10,7	27,9	104,0
N3	16,6	8,8	24,6	17,0	29,0	12,3	31,5	126,8
1991								
N0	10,5	7,0	10,1	5,7	13,5	6,6	10,4	33,8
N2	18,0	16,0	21,1	12,1	27,3	15,8	21,7	75,2
N3	21,6	17,6	21,0	12,4	32,2	16,3	22,2	78,9
1992								
N0	3,2	3,6	9,7	16,5	3,8	3,6	10,9	79,6
N2	11,4	8,2	11,5	14,9	14,2	8,4	16,3	123,3
N3	9,1	9,9	14,6	20,5	13,7	9,5	20,8	132,3

Relativ avkastning och näringsupptagning i slutskördar

För att få en mera koncentrerad översikt av variationer i skörd och näringsupptagning från år till år vid olika kvävegödslingsnivåer har tabell 7 och 8 kalkylerats. Medeltal har beräknats för de åtta försöksåren för led N0 utan kvävegödsling och för leden N2 och N3. Vidare har relativt beräknats för enskilda år, där medeltalen för försöksperioden 1985-1992 satts till 100 för respektive enskilda försöksled.

Som framgår varierade skördeutbytet relativt mer i led N0 än i leden N2 och N3. Tillförsel av mineralkväve har således i allmänhet reducerat skördevariationerna från år till år av de olika grödorna, särskilt för korn men i stor utsträckning även för höstvet. Vad beträffar näringsupptagningen av kväve, fosfor och kalium varierade dessa som regel mer än skördeutbytet. De var inte särskilt starkt korrelerade med dessa.

Av de fyra odlade grödorna har korn och våroljeväxter en kortare växtperiod än höstvet och sockerbetor, med därav betingade skillnader i bladyterikedom, LAD, dvs varaktigheten av bladyta eller bladyteindexet LAI integrerat över växtperioden. Vidare har höstvet en tidigare och sockerbetor en senare bladyteutveckling än de två övriga grödorna. Detta påverkar givetvis möjligheterna till fotosyntes under olika delar av växtperioden. Nämda samspel mellan klimat- och markfaktorer blir olika från år till år, vilket kan medföra större eller mindre grödspecifika skördevariationer.

Sett ur fotosyntessynpunkt borde 1987 vara det minst gynnsamma året med både låg temperatur och låg potentiell evapotranspiration. Utfallet i skörd och näringsupptagning pekar däremot delvis på motsatsen vad gäller korn och vårraps, som detta år hävdade sig väl särskilt i led N0. Dessa grödor tycks ha svarat med att förlänga den ontogenetiska utvecklingen. De har på så sätt förmodligen uppnått ungefär samma LAD som övriga år. Detta upprepas år 1991 med låg temperatur särskilt i juni. För sockerbetorna med sin sena etablering och vidarutveckling på grund av låg temperatur har däremot växtperioden och LAD inte räckt till under 1987 och 1991 utan begränsat rotskörden.

År 1989 och 1990 var gynnsamma år med hög globalstrålning och måttliga nederbördsdeficit, 1990 dessutom med hög potentiell evapotranspiration. Kärnskorden av korn och höstvet var som regel högst dessa år. År 1992 var ett speciellt år med avsaknad av nederbörd från mitten av maj till mitten av juli. Detta drabbade framförallt kärnskorden av korn och delvis även fröskörden av vårraps. Höstvetet och i synnerhet sockerbetorna har tydligen inte varit så torkkänsliga utan gett hög skörd 1992, för sockerbetor till och med högre än 1990. Kraftiga nederbördunderskott i maj-juni år 1988 synes däremot ha begränsat sockerbetsskörden.

Tabell 7. Genomsnittlig skörd och näringsupptagning av N i ekonomiskt viktiga skördeprodukter i led N₀, N₂ och N₃, kg ha⁻¹, för 1985-92 samt relativtal för enskilda år
 Table 7. Mean yield and nutrient yield in economic products in treatment N₀, N₂ and N₃, kg ha⁻¹ during 1985-92, and relative numbers for individual years

Led	Vår-korn	Höst-raps	Höst-vete	Sockerbetor ^{a)}	Vår-korn	Höst-raps	Höst-vete	Sockerbetor ^{a)}
	<u>Skörd/Yield</u>				<u>Kväveupptagning/N-yield</u>			
N0	2413	633	3033	26.7	34,1	17,4	40,6	32,5
1985	89	41	62	69	71	33	54	81
1986	104	88	107	117	106	74	90	117
1987	129	169	100	50	123	157	107	54
1988	90	103	90	67	93	106	89	86
1989	115	118	122	111	113	112	113	93
1990	113	79	110	121	130	87	140	123
1991	114	104	98	77	114	140	94	70
1992	46	96	111	188	48	90	113	173
N2	4881	1436	6008	48.3	71,8	41,4	89,4	75,6
1985	95	57	76	90	72	45	59	106
1986	90	101	97	112	78	82	77	115
1987	101	100	98	77	102	97	101	71
1988	102	133	98	85	108	135	106	72
1989	108	95	114	102	121	95	128	92
1990	108	89	116	111	130	97	133	123
1991	118	130	106	94	105	146	104	92
1992	84	95	94	129	84	104	92	128
N3	5369	1856	6868	51.2	82,7	58,6	116,3	83,5
1985	102	55	80	86	85	45	68	128
1986	106	133	102	106	82	112	85	113
1987	94	107	95	73	102	108	92	78
1988	95	120	94	84	101	117	97	89
1989	100	100	104	101	112	100	110	105
1990	104	80	117	118	133	100	134	133
1991	116	117	103	91	84	129	112	104
1992	83	87	105	140	101	88	101	133

^{a)} t ha⁻¹/t ha⁻¹

Tabell 8. Genomsnittlig näringsupptagning av P och K i ekonomiskt viktiga skördeprodukter i led N_0 , N_2 och N_3 , kg ha⁻¹, för 1985-92 samt relativtal för enskilda år
 Table 8. Mean nutrient yield of P and K in enomic products in treatment N_0 , N_2 and N_3 , kg ha⁻¹ during 1985-92, and relative numbers of individual years

Led	Korn	Vår- raps	Höst- vete	Socket betor	Korn	Vår- raps	Höst- vete	Socket betor
	<u>Fosforskörd/P yield</u>					<u>Kaliumskörd/K yield</u>		
N_0	8,5	4,9	9,7	10,3	11,4	5,0	11,4	52,8
1985	74	39	56	77	78	38	60	75
1986	86	71	91	89	92	66	103	131
1987	164	167	120	72	167	183	105	63
1988	95	94	95	107	98	98	93	84
1989	111	127	124	121	89	121	140	121
1990	109	86	111	119	124	92	112	112
1991	124	143	104	55	118	131	91	64
1992	37	73	100	160	33	72	96	151
N_2	15,7	10,2	18,0	16,3	22,2	10,8	22,3	103,9
1985	85	58	74	118	91	54	73	111
1986	83	84	83	95	79	77	95	116
1987	140	113	125	117	137	125	109	85
1988	108	128	106	110	105	126	108	76
1989	100	96	113	114	85	94	120	120
1990	97	84	119	81	113	99	125	100
1991	114	158	117	74	123	147	97	72
1992	72	81	64	91	67	78	73	119
N_3	16,8	12,5	19,6	17,1	24,1	13,6	24,1	112,1
1985	92	58	72	116	94	55	76	103
1986	94	115	88	88	94	103	91	108
1987	134	127	122	100	132	131	109	94
1988	98	117	106	99	93	118	102	81
1989	100	92	105	106	76	114	114	113
1990	100	70	125	99	120	90	131	113
1991	99	141	107	72	134	120	92	70
1992	54	79	74	120	57	70	86	118

Tillväxt och näringsupptagning

Avsikten med de återkommande växtprovtagningarna under växtperioden var att följa och söka förklara årsmånen och väderlekens inflytande på grödornas utveckling. Detta kan göras på olika sätt enligt olika empiriska och mekanistiska approacher. Enligt den senare typerna av approach försöker man att på ett dynamiskt sätt beskriva klimatets och markfaktorernas inverkan på biomassa- och näringsflöde på den enskilda växtplatsen och det enskilda året.

Med hänsyn till att det endast var kvävefaktorn som vi medvetet varierade i detta försök är det av speciellt intresse att studera samspel mellan kvävegödslingsnivå och årsmån. Nedan tillämpas en mekanistisk approach utvecklad av Eckersten & Jansson (1991), vilken baseras på ett antal modeller länkade till varandra. Modellerna, som har en daglig upplösning, har i detalj beskrivits av bl a Eckersten (1992).

Modellerna testades för de specifika mark- och väderförhållandena på Örja samt validerades mot observerade torrsubstans- och kväveskördar, provtagna var 14-dag under större delen av växtperioden. Testningen begränsades till de tre kväveleden N_0 , N_2 och N_3 för tre grödor under startåret 1985.

Beskrivning av modellerna

Modellerna tillämpades för att simulera biomassa- och kväveflödena i det markväxtsystem som var specifikt för Örja med hänsyn till år och gröda. Simuleringen kan kortfattat sammanfattas på följande sätt, Eckersten (1952):

För det första, simuleras vädrets inverkan via värme (temperatur/strålning) och markfuktighet på kvävetransformationer och kväveförluster i marken genom att använda en SOIL-modell (Johnsson et. al., 1961). För det andra, simuleras kol- och kväveflödet i mark och växt genom en SOILN-modell som utnyttjar output från SOIL-modellen för att simulera energi- och vattenprocesser i marken. För det tredje, länkas output från SOILN-modellen som input till en CROP-GROWTH-submodell, som kan delas in i en biomassa-submodell och en kväve-submodell vilka i sin tur, är länkade till varandra. Alla ingående symboler och parametrar till modellen presenteras och definieras i bilaga.

Biomassa-submodellen, som simulerar produktionen i växtbeståndet, använder bladkväve-submodellen som input-variabel. Km tas och kväve-submodellen använder i sin tur den dagliga tillväxten av bladstrå, rötter och kärna eller frö som input som tas från biomassa-submodellen. Båda modellerna körs med dagliga tidssteg.

Det grundläggande antagandet i biomassa-modellen är att total tillväxt per enhet markyta, $F_{g,p}$, är proportionell mot den mängd solenergi som absorberas av bladverket, I_i . Införda responsfunktioner visar hur låg temperatur, f_t , låg kvävekoncentration, f_{n_i} , eller vattenstress hos grödan, f_w , kan reducera "ljuseffektiviteten" och därmed tillväxten så att denna blir lägre än om maximumvärdet för ϵI_i fullt utnyttjats.

Det grundläggande antagandet i kväve-submodellen är att markprofilen indelas i horisontella skikt från vilket den aktuella ökningen i grödans innehåll av kväve beror på rotupptagning från poolerna av nitratkväve och ammoniumkväve. Det antas att det aktuella kväveupptaget påverkas av främst två faktorer (i) den växande grödans kvävebehov, och (ii) tillgängligheten av mineralkväve inom rotzonen. Den lägsta intensiteten av dessa två faktorer bestämmer den aktuella kväveupptagningen.

Modellerna anses vara relevanta för normala växtbestånd med normalt växtskydd och normal ogräsbekämpning, dvs utan allvarligare störningar av växtbeståndets utveckling under växtperioden. Det antas därvid att tillväxten på Örja inte begränsas av andra näringsämnen än kväve, vilket får anses vara väl motiverat med hänsyn till refererad bördighet och PK-gödsling.

Den dagliga TILLVÄXTEN per hektar, W_h , är proportionell mot LJUSABSORPTION hos bladverket, I_i , och begränsas av RESPONSFUNKTIONER, som varierar mellan 0 och 1 beroende på temperatur, kvävetillgång och vattentillstånd, vilket visas nedan.

$$\text{TILLVÄXT:} \quad W_i = L_e I_i f_T f_N f_W$$

$$\text{LJUSABSORPTION:} \quad I_i = I(\exp(-kA_i));$$

$$\begin{aligned} \text{RESPONSFUNKTIONER:} \quad f_T &= (T - T_{\text{Min}}) / (T_{\text{Max}} - T_{\text{Min}}) \\ f_N &= (n_i - n_{\text{Min}}) / (n_{\text{Max}} - n_{\text{Min}}) \\ f_W &= E / E_p \end{aligned}$$

där L_e = ljuseffektivitet vid optimal temperatur
samt kväve- och vattentillstånd

k = konstant

A_i = leaf area index

Parameterisering av SOIL-modellen

SOIL-modellen testades mot observerade värden för grundvattenytan samt maximalt tillgängligt vatteninnehåll i de fem markskikten 5x20 cm för den första metern, och 100-140 och 140-200 cm för den andra metern i markprofilen.

Väderdata bestod av dagliga värden för nederbörd, globalstrålning, lufttemperatur, vindhastighet, relativ fuktighet och antal soltimmar, varav de fem senare parametrarna användes för bestämning av potentiell evapotranspiration.

Parameterisering av CROP-GROWTH-modellen

En CROPALLO-version av den ursprungliga CROP-GROWTH-submodellen (Kätterer, et.al.), testades mot observerade värden från de olika provtagningarna av vegetativ och generativ biomassa-produktion, $W_l + W_s$ and W_g , och mot i grödorna upptagna kvävemängder, $N_l + N_s$ och N_g , där l, s och g står för blad, strå och kärna (frö, betor). Parametervärden för SOILN-modellen erhöles delvis från Bergström et al.(1991) och länkades till CROP-GROWTH-modellen.

De fraktioner av biomassa och kväve som dagligen antogs allokteras inom växten till strå/stjälk, till kärna/frö/betor och till rötter betecknades agrain(1), agrain(2) och agrain(3), respektive agrainn(1), agrainn(2), och agrainn(3). Värden för dessa biomassa- och kvävefraktioner bestämdes genom iterativ kalkylering och validering av simuleringarna.

Simuleringar av kol- och kväveflöde 1985

För att uppnå rimliga värden fordras ett stort antal "trial-and error" -körningar av modellerna. Här begränsades därför redovisningen till 12 simuleringar av vardera biomassa och kväveupptagning för 1985 för samtliga grödor och de tre kväveleden N0, N2 och N3. Antalet möjliga simuleringar blir 4 grödor x 8 år x 4 skördeparametrar (biomassa, kväveupptagning, fosforupptagning, kaliumupptagning) x 3 kväveled = 384. Detta fordrar ett omfattande dataarbete för att söka sig fram till resultat som ger noggranna valideringar av varje enskild simulering.

Simuleringarna för 1985 av SOIL- och SOILN-modellerna startade den 2 mars och avslutades 31 oktober. Simuleringarna med SOIL-cropsubmodellen startade 10 dagar efter uppkomst för de tre vårsådda grödorna korn, kryddsenap och sockerbetor samt för höstveten den 2 mars. De avslutades några dagar efter skördetillfället för respektive gröda.

Nedan diskuteras ansatser för startvärden av biomassa till de 12 olika gröda x N-led-kombinationerna. Vidare diskuteras hur vi med hjälp av regressionslinjer mellan observerade och skattade värden kan utvärdera hur modellerna uppförde sig när de tillämpades för dessa kombinationer. Det senare gjordes genom linjär anpassning enligt minsta kvadratmetoden.

Korn och Kryddsenap: Dessa två grödor såddes den 22.4 under 1985 men våroljeväxten, som detta år var kryddsenap, måste pga av dålig uppkomst sås om den 11 maj. Grödorna skördades den 14.8 respektive 10.9 (tabell 2) varför växperioden blev ungefär lika lång men med tre veckor senare förläggning för kryddsenapen jämfört med kornet. Båda grödorna kvävegödslades vid sådd och detta påverkade därför tillväxten tidigt. Hänsyn till detta har tagits vid insättning av startvärden för biomassa och kväve i blad, rötter och strå/stjälk i tabell 9. Som framgår är de som regel lägre i ledet N0 än i leden N2 och N3.

Utvärdering av modellerna med hjälp av regressioner, tabell 10, visar för korn i regel något bättre anpassning mätt som förklaringsgrad, R^2 , för biomassan av kärna, W_g , än för summan av biomassan blad + strå, $W_l + W_s$. Samma sak gäller för anpassningen av kväveupptagningen. Båda dessa parametrar visade med något undantag ungefär likstora R^2 -värden. Kryddsenap uppvisade som regel något lägre R^2 -värden än korngrödan.

Tabell 9. Startvärden för biomassa och kväveinnehåll i blad/Start values for biomass in leaves (LEAFW, LEAFN), strå/stjälk/straw (STEMW, STEMN) och rötter/roots (ROOTW, ROOTN) hos korn och kryddsenap/by barley and spice mustard, g per m²

Vävnad Tissue	N0	N2	N3
<u>Korn/Barley</u>			
LEAFW	1,0	2,0	3,0
STEMW	0,0025	0,005	0,005
ROOTW	2,5	5,0	5,0
LEAFN	0,03	0,07	0,12
STEMN	0,00005	0,00014	0,00014
ROOTN	0,025	0,06	0,07
<u>Kryddsenap/Spice mustard</u>			
LEAFW	1,5	2,4	4,0
STEMW	0,001	0,001	0,001
ROOTW	1,0	1,5	2,0
LEAFN	0,075	0,14	0,26
STEMN	0,00002	0,00003	0,00006
ROOTN	0,04	0,06	0,12

Tabell 11. Regressionssamband mellan de simulerade och observerade värden för biomassa (W) och kväveinnehåll (N) hos korn och kryddsenap under 1985. Regressionsekvationerna: Observerat värde = a + b * Simulerat värde

Table 11. Regressions between simulated and observed values for biomass (W) and nitrogen content (N) by barley and spice mustard during 1985. Regression equations:
Observed value = a + b * Simulated value

Para- meter	R ² (-)	a (gm ⁻²)	b (-)	R ² (-)	a (gm ⁻²)	b (-)	R ² (-)	a (gm ⁻²)	b (-)
<u>Korn</u>									
<u>N0</u>				<u>N2</u>			<u>N3</u>		
W _g	0,97	-1,32	1,03	0,90	-14,9	1,17	0,95	-0,18	1,02
W _l + W _s	0,73	33,7	0,97	0,99	11,8	1,01	0,77	-3,62	1,04
N _g	0,98	-0,10	0,99	0,89	-1,47	1,14	0,94	-1,23	1,04
N _l + N _s	0,83	-0,20	1,04	0,94	-2,11	0,93	0,96	-5,70	0,96
<u>Kryddsenap</u>									
<u>N0</u>				<u>N2</u>			<u>N3</u>		
W _g	0,73	6,03	1,02	0,81	-16,3	0,98	0,96	-4,81	0,96
W _l + W _s	0,95	15,0	1,10	0,87	66,3	1,05	0,91	3,95	1,08
N _g	0,70	0,03	1,12	0,73	-0,87	1,08	0,99	-1,00	1,08
N _l + N _s	0,81	-0,42	1,14	0,67	-0,72	1,07	0,76	-0,36	1,00

Höstvete: Denna gröda såddes den 20.9 hösten 1994 och hade således inte påverkats av kvävegödsling vid växtperiodens början. Åsatta startvärden för biomassa och kväve i blad, rötter och strå var därför lika stora oberoend av kväveled, vilket visas i tabell 12.

Tabell 12. Startvärden för biomassa och kvävehalter hos blad/Start values of biomass and nitrogen contents in leaves (LEAFW, LEAFN), strå/straw (STEMW, STEMN) och rötter/and roots (ROOTW, ROOTN) i kväveleden in N treatments N0, N2 och N3 för höstvete/for winter wheat, g per m²

	Höstvete/Winter wheat		
	N0	N2	N3
LEAFW	2,0	2,0	2,0
STEMW	0,01	0,01	0,01
ROOTW	30	30	30
LEAFN	0,05	0,05	0,05
STEMN	0,0001	0,0001	0,0001
ROOTN	0,6	0,6	0,6

Utvärderingen av modellerna med hjälp av regressioner, tabell 13, visar för höstvete en som regel något sämre anpassning mätt som förklaringsgrad R^2 för biomassan av kärna, W_g , än för summan av biomassan av blad + strå, $W_l + W_s$. För kväveupptagningen var det som regel högre för $W_l + W_s$ än för W_g . R^2 -värden är som regel högre för de kvävegödslade leden, N2 och N3 än utan kvävegödsling i led N0.

Tabell 13. Regressionssamband mellan simulerade och observerade värden för biomassa (W) och kväveinnehåll (N) hos höstvete under 1985. Regressionsamband: Observerat värde = $a + b \cdot \text{Simulerat värde}$
 Table 13. Regressions between simulated and observed values for biomass (W) and nitrogen content (N) by winter wheat during 1985. Regression equations:
 Observed value = $a + b \cdot \text{Simulated value}$

Para- meter	R^2 (-)	a (gm ⁻²)	b	R^2 (-)	a (-)	b (gm ⁻²)	R^2 (-)	a (-)	b (gm ⁻²)
<u>W.wheat</u>				<u>N2</u>			<u>N3</u>		
W_g	0,87	17,9	1,00	0,98	7,21	0,88	0,99	-20,0	0,94
$W_l + W_s$	0,99	-46,1	1,07	0,99	-26,0	0,97	0,90	55,9	0,78
N_g	0,91	0,20	0,99	0,99	-0,20	0,86	0,96	-1,16	1,18
$N_l + W_s$	0,27	0,04	1,06	0,87	0,37	1,00	0,90	0,18	1,10

Sockerbetor: Denna vårsådda gröda såddes den 11.5 och skördades den 17.10 (tabell 2) och har således en mycket längre växtperiod än kornet och kryddsenapen. Tillväxten påverkades givetvis från början mer eller mindre av olika kvävegödsling i leden N2 och N3. Som för övriga grödor simulerades biomassa och kväueupptagning för alla tre leden, N0, N2 och N3.

Enligt Eckersten (1994) tillämpades modellen för sockerbetor i analogi med den vegetativa modellen för höstvete, baserad på ett starkt kol/kvävesamband. Samma set av parametrar användes som bas. Det antogs att betblad var ungefär dubbelt så tjocka som veteblad och att proportionen mellan rottillväxt och total tillväxt avtog linjärt med växtens biomassa oberoende av bladens N-status. Eventuellt bladavfall under växtperioden negligerades.

Biomassan hos betan antogs representera en lagringsfunktion i modellen. Den sattes ekvivalent med summan av kärn- och stråbiomassan hos vete. Kalibreringen gjordes för led N3 vad gäller de tre huvudprocesserna vegetativ tillväxt, samt reallokering av assimilat och upptagningen kväve. Även om de nedan presenteras i ordningen från steg ett till tre är kalibreringsproceduren i sig ett samspel mellan stegen. De ingriper i varandra på ett dynamiskt sätt som förändras under grödans ontogenes. Parametervärdena återges i tabell 14.

För det första kalibrerades den vegetativa tillväxten mot värden för bladbiomassa och betbiomassa. Det ursprungliga värdet på fraktionell (procentuell) rottillväxt reducerades. Kvoten mellan bladyta och skottbiomassa var mycket lägre men minskades mindre allteftersom betan blev större. Detta gjordes för att anpassa mätningarna i juni och juli. För att få rimliga värden på total biomassa i september, dvs att rotbiomassan var signifikant större än noll, så ökades strålningseffektiviteten med 20 %.

För det *andra* var den ovanjordiska tillväxten mycket liten från mitten av juli till augusti. Varken vatten- eller kvävetillståndet i mark eller växt kunde förklara den låga tillväxthastigheten. Det enda sättet var att allokera all tillväxt till betrötterna under denna period. I mitten av augusti inträffade helt plötsligt en mycket stark ökning av både blad- och betbiomassa som inte bara kunde orsakas av att assimilat kom mer eller mindre direkt från fotosyntesen.

Det visade sig också nödvändigt att antaga en snabb reallokering (20 % per dag) från rötterna till betan. I modellen gjordes detta genom att aktivera den så kallade kärnutvecklingsrutinen, som kan simulera reallokering till lagrings- eller reproduktiva organ. Vid detta tillfälle ökades den fraktion av fotosyntesassimilat som allokeras till bladen för att också stimulera denna plötsliga ökning i blad- och bettillväxt.

För det *tredje* anpassades kväueupptagningen i ovanjordiska växtdelar i slutet av augusti genom att anta att mindre kväve allokades till betroten än till vetekärnan.

För N2-ledet användes samma parameterisering. För N0-ledet var en ny kalibrering nödvändig. Ingen plötslig ökning av blad-biomassa förekom. Utvecklingen kunde förklaras enbart med normal vegetativ tillväxt. Reallokeringen av assimilat från blad till betrot uteslöts fram till och med juli och men simulerades pågå från och med augusti till upptagning av betorna på hösten.

Tabell 14. Parametervärden för kvävegödslade sockerbetor (N2,N3) (gödslade) som skiljer sig från de för höstvet
Table 14. Parameter values for N-fertilized sugar-beets (N2,N3) which differs from winter wheat (Eckersten, 1994)

Parameter Parameter	Värde Value	Ekvation Equation
als (wlai)	0.001	
e (phoeff)	3	
cbo (arootw(1))	0.45	brw = cbo + cblWt
bio(aleaf(1))	0.011	Al/Wta = bio + billn(Wta)
	At Aug 15:0.02	
bil (aleaf(2))	-0.001	
co (graini(1))	0.015	
bgr (agrain(3))	0.2	
bgrN (agrainn(3))	0.2	
nrmax (nrootx)	0.001	
brn (arootn)	At July 15:0.99	
	At Aug 15:0.05	

I ett första steg, och för att anpassa blad- och betbiomassan i juni och juli, reducerades värdet för allokering. I september och oktober reducerades allokeringen från blad till betrot jämfört med augusti. I ett andra steg, för att anpassa N-koncentrationen över hela växtperioden, reducerades kvävebehovet hos bladen samt också effektiviteten i rotupptagningen av kväve från marken. Den korrekta kvävekoncentrationen i betan erhöles genom att reducera kvävebehovet i stjälken, tabell 15.

Tabell 15. Parametervärden för icke kvävegödslade sockerbetor (N0) som skiljer sig från de för höstvet
Table 15. Paramter values for N-unfertilized sugar-beets (N2,N3) which differs from winter wheat

Parameter Parameter	Värde Value	Ekvation Equation
cb1 (arrootw(2))	-0.002	brw = cbo + cblWt
bil (aleaf(2))	-0.0013	Al/Wta = bio + billn(Wta)
nlmax (nleafx)	0.03	
nsmax (nstemx)	0.007	
cu (upma)	0.03	

Kalibreringen av N3-ledet gav simulerade värden som överensstämde ganska väl med uppmätta värden utom för slutet av september. Ingen process som kunde förklara denna reducering i biomassa kunde visas med modellen. Valideringen för N2-ledet gav ungefär samma resultat utom att betkvävet överskattades. Valideringen för N0-ledet gav ganska bra simuleringar för alla de fyra variablerna utom för tillfället i slutet av augusti.

Efterverkan av kvävegödsling 1993

De fanns anledning att undersöka om kvävegödsling under de 8 försöksåren skulle öka leveransförmågan av markkväve. Under 1993 odlades därför korn i alla försöksrutorna. Kvävegivan var lika i hela försöket, 60 kg N per hektar. Av tabell 16 framgår att efterverkan blev ganska tydlig året efter det egentliga försökets avveckling. Såväl kärnskörd som halt och upptagning av kväve ökade med kvävegivan. Stegringen är för alla tre växtparametrarna ungefär lika stor mätt som efterverkan från kvävestatus såväl från "N0" till "N2" som från "N2" till "N3".

Tabell 16. Efterverkan 1993 i kärnskörd (85 % ts), N-halt och N-upptagning

Table 16. Residual effect in 1993 in grain yield, N conc. and N-yield

Kväve- status N-status	Kärna Grain kg/ha	N-halt N-conc. %	N-upp- tagning N-yield kg/ha
"N0"	4030	1,76	70,7
"N2"	4375	1,88	82,3
"N3"	4670	2,02	94,3

DISKUSSION

Skördeutbytet är, som framhållits inledningsvis, betingat av klimat- och markfaktorens inverkan under olika delar av grödornas ontogenetiska utveckling. I ekvation 1.1 angavs schematiskt att globalstrålning, temperatur och relativ evapotranspiration som viktiga klimatvariabler som var och en eller i samspel kan begränsa daglig tillväxt och slutskörd.

Av de fyra odlade grödorna har främst korn men även våroljeväxter en kortare växtperiod än höstveten som är etablerat redan på våren medan sockerbetor växer långt ut på hösten. Detta medför i sin tur skillnader i bladyterikedom, LAD, dvs varaktigheten av bladyta eller bladyteindex LAI integrerat över växtperioden. Vidare har höstveten en tidigare och sockerbetor en senare bladyteutveckling än de två vårsådda grödorna.

Olika grödor har olika ontogenetisk eller fenologisk utveckling från år till år. Detta påverkar möjligheterna till fotosyntes och därmed biomassa- och kväveflöde under olika delar av växtperioden. Samspelet mellan klimatet, eller för enskilda år, väderfaktorer och markfaktorer, gör att variationerna i ekonomiskt, och för lantbrukaren, viktiga slutskördar från år till år blir grödspecifika eller sinsemellan olika under olika år.

Den höga bördigheten på Örja, har historiskt väl underhållits av växtförädlingsanstalten under detta århundrade och vad gäller P- och K-gödsling även under försökstiden 1995-1992. Detta gör det naturligt att anta att skördevariationerna i de olika kväveleden i första hand beror på de för varje år i förväg oförutsägbara variationerna i väder från år till år.

Örja synes vara säkrare för odling av stråsäd än oljeväxter och sockerbetor. Detta kan tolkas som om vädret har större inflytande på de två senare grödornas utveckling. För sockerbetor är det naturligt med hänsyn till att den senare utvecklingen på hösten betingas av temperaturen. Oljeväxter är en känslig gröda och känsligare i försök än i praktisk odling.

Den medvetna stegringen i kvävegödsling i leden N2 och N3 gav som väntat ökat skördeutbyte men olika respons varje år på grund av samspel med årsbetingad kväveleverans. Av intresse är att notera att skördevariationerna var lägre från år till år i de kvävegödslade leden. Kväveregimen påverkar kvävestatus i marken att döma av redovisad efterverkan av kvävegödsling under 1993, leden N2 och N3 jämförda inbördes och med det sedan ogödslade kväveledet N0.

Ansatsen att studera grödornas tillväxt och kväueupptagningen under växtperioden med hjälp av en mekanistisk approach, som modellerar och anpassar biomassa- och kväveflöde till grödans ljusabsorption samt responsfunktioner för temperatur, vatten- och kvävestatus, får anses lovande. En utvidgning av denna för alla åren är önskvärd. Den kan förväntas ge en detaljerad tolkning av observerade årsvariationer i skörd och näringsupptagning.

SUMMARY

During 1985-92 a special fertility experiment, R3-9008, was carried out on the SVALÖV-WEIBULL experimental farm at Örja, near Landskrona with the aim to study the influence of year and climate on crop development and yield.

In the experiment, auxillary to the longterm fertility experiment in series R3-9001, on the same site, barley, spring rape and sugar-beet were grown during two crop rotations.

The crops, basically fertilized with P and K as in C2 of the R3-9001-series, and with three N-rates, N1, N2 and N3, were sampled every 14th day during the growth season for analysis of growth and mineral contents. Yield was determined at maturity.

Ten climate parameters were recorded at the site. Six of them, wind velocity, air temperature, relative humidity, global radiation, sunshine hours and precipitation were measured daily, and used to interpret the experimental results.

The yields of economically important products varied with crop and N-fertilization. The dry matter and nutrient yields were larger without N-fertilization than in N-fertilized treatments, N1 and N2.

The N-regime as such influenced N-status in the soil, as revealed by the N-status determined the year after the experiment, 1993, when treatments N2 and N3 were compared with treatment N1.

The site seems to be more reliable for growth of cereals than for oil crops and sugar-beets, indicating that weather has a larger impact on the development and yield of the two latter crops. For sugar-beet with a longer growth period, this is natural as autumn temperature limits sugar yield in Sweden.

In the model work, soil water and temperature conditions were first simulated in a SOIL-model. The nitrogen turnover was first simulated using the output of SOIL as input to a SOILN model. The output of SOILN was then used as input to a NITROGEN sub-model linked to a BIOMASS submodel of a CROP-GROWTH model.

Using this set of models, the growth and translocation of dry weight and nitrogen to grain (seed, beets) from roots, stems and leaves were measured and compared with simulations of the three N treatments in four crops of the year 1985.

This model system, which fits biomass and nitrogen flow to the crop's light absorption and to response functions of temperature, water and nitrogen status in the soil, is considered to be promising. An extension of the work to all 96 year * crop * N-treatment combinations is considered valuable.

LITTERATUR

- Arnold, R.W. & Jones C.A., 1987. Soil and climate effects upon crop productivity and nutrient use. In Soil Fertility and Organic Matter as Critical Components of Production Systems. SSSA Special Publications Number 19.)
- Bergström, L. Johnsson, H. & Torstensson, G. 1991. Simulation of soil nitrogen dynamics using the SOILN model. Fert. Res. 27, 181-188.
- Eckersten, H. 1992. CROP submodel of SOILN. Model description. Simulation model for biomass and nitrogen development of crops. Report Dep. of Soil Sciences, Uppsala.
- Eckersten, H. & Jansson, P. E. 1991. Modelling water flow, nitrogen uptake and production of wheat. Fert. Res. 27, 313-329.
- Eckersten, H. 1994. Personlig hjälp med modellarbetet för sockerbetor.
- Ivarsson, K. & Bjarnason, S. 1988. The long-term soil fertility experiments in southern Sweden. I. Background, site description and experimental design. Acta Agric. Scand. 38, 137-143.
- Jansson, L. 1975. Long-term soil fertility experiments in Malmöhus county 1957-64. J. Roy.Swed. Acad. Agric. For., Suppl. 10, 60sidor.
- Jansson, S.L. 1975. Bördighetsstudier för markvård. KSLA Tidskr. Supplement 10, Stockholm.
- Johansson, W. 1973/74. Metod för beräkning av vatteninnehåll och vattenomsättning i odlad jord med ledning av meteorologiska data. Grundförbättring 26, 57-153.
- Johnsson, H, Bergström, L., Jansson, P.E. & Paustian, K. 1987. Simulated nitrogen dynamics and losses in a layered agricultural soil. Agric. Ecosystems Environ 18, 333-356.
- Karlström, F. & Haak, E. 1991. Växtnäringsupptag och rothioaktivitet hos stråsäd i bördighetsförsök. Rapport SLU-REK-67. Inst. för radioekologi, Uppsala.
- Kirchmann, H. & Eriksson, J. 1993. Properties and classification of soils of the Swedish long term fertility experiments. II. Sites at Örja and Orup. Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci. 43, 193-205.
- Kätterer, T.Eckersten, H., Andrén, O., Flink, M. & Pettersson, R. 1994. Winter wheat biomass and nitrogen dynamics under different fertilization and water regimes - validation of a crop growth model.
- Pennmann, H.L. 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. R. Soc. Ser. A 193, 120-145.

BILAGA

Lista över symboler och parametervärden som anges för simulering av vete i CROPALLO-version av CROP-GROWTH modellen enligt Kätterer et al. (1994)

List of symbols and parameter values as given for simulation of wheat in CROPALLO-version of THE CROP-GROWTH model according to Kätterer et al. (1994)

Symbol	Explanation	Value	Unit	
A_l	Leaf area index	-		Output
E, E_p	Evapotranspiration, actual and potential, respectively		mm d ⁻¹	Output ^a
f_N	Response function for nitrogen limitation to growth	-		Auxiliary
f_T	Response function for temperature limitation to growth			Auxiliary
f_W	Response function for water limitation to growth	-		Auxiliary
ϵ	maximum light use efficiency	-	-	-
I	Global radiation, shortwave, 300-3000 nm		MJm ⁻² d ⁻¹	Input
I_i	Shortwave radiation intercepted by canopy		MJm ⁻² d ⁻¹	Input
k	Light extinction coefficient related to leaf area	0.6	-	Input
n_l, n_s, n_r	N concentrations in leaf, straw and root		gN(gDW) ⁻¹	Auxiliary
n_{lMax}	maximal N concentration in leaf		gN(gDW) ⁻¹	Auxiliary
n_{rMax}	maximal N concentration in root		gN(gDW) ⁻¹	Auxiliary
n_{sMax}	maximal N concentration in straw		gN(gDW) ⁻¹	Auxiliary
N_g, N_l, N_s	Amount of N in grain, leaf and straw		gN m ⁻²	Output
N_{NO3}	Amount of nitrate -N in the soil		gN m ⁻²	Output ^b
N_{NH4}	Amount of ammonium-N in the soil		gN m ⁻²	Output ^b
T	Daily mean of air temperature		°C	Output
T_{Min}	Temperature limit for optimal growth	2	°C	Input
T_{Max}	Temperature limit for optimal growth	10	°C	Input
W_g, W_l, W_s	Accumulated growth of grain, leaf and straw		g DW m ⁻²	Output
X_{Nu}	Actual daily N uptake by plant		g N m ⁻² d ⁻¹	Auxiliary
X_{Nd}	Daily N uptake demand by plant		g N m ⁻² d ⁻¹	Auxiliary

Förteckning över samtliga rapporter erhålles kostnadsfritt. I mån av tillgång kan tidigare nummer köpas från avdelningen.

A list of all Reports can be obtained free of charge. If available, issues can be bought from the division.

- 190 1992 Christine Jakobsson och Börje Lindén: Kväveeffekter av stallgödsel på lerjordar.
Nitrogen effects of manure on clay soils.
- 191 1992 Magnus Hahlin och Erik Svensson: Radmyllning av NPK till fabrikspotatis. Resultat från försöksserie FK-1290. Samarbetsprojekt mellan Försöksavdelningen för växt-näringslära och Fabrikspotatiskommittén.
Placed application of NPK fertilizer to starch potatoes. Results from field experiment project FK-1290.
- 192 1993 Enok Haak: Fältförsök med kalkning av fastmarksjordar i Norrland.
Field experiments with liming of mineral soils in North Sweden.
- 193 1994 Barbro Beck-Friis, Börje Lindén, Håkan Marstorp och Lennart Henriksson: Kväve i mark och grödor i odlings-system med fånggrödor. Undersökningar på en sandjord i södra Halland.
Nitrogen in soil and crops in cropping systems with catch crops. Studies on a sand soil in Halland in south-west Sweden.
- 194 1994 Enok Haak, Börje Lindén & Per Johan Persson: Kväveflöden i olika odlingssystem. Försök på Lanna, Skaraborgs län.
Nitrogen flow in different cultivation systems. A field experiment at Lanna Research Station in south-west Sweden.
- 195 1995 Käll Carlgren & Jan Persson: Fält-, kärl- och laboratorieundersökningar med Fosforkalk från Karlshamn.
Field, Pot and Laboratory Experiments with Phosforkalk from Karlshamn Ltd.
- 196 1995 Lennart Mattsson: Skördevariationer inom enskilda fält. Storlek och tänkbara orsaker.
Yield variations within individual fields. Magnitude and possible reasons.
- 197 1996 Käll Carlgren: Två fältförsök med jämförelse mellan kon-ventionell och ekologisk fosforgödsling.
Two Field Experiments with Comparison between Con-ventional and Ecological Phosphorus Fertilization.

- 198 1997 Enok Haak & Gyula Simán: Effekter av kalkning och NPK-gödsling i sju långvariga försök i fält, 1962-92.
Effects of liming and NPK-fertilization in seven long term field experiments, 1962-92.
- 199 1998 Börje Lindén, Käll Carlgren & Lennart Svensson: Kväveutnyttjande på en sandjord i Halland vid olika sätt att sprida svinflytgödsel till stråsäd.
Nitrogen utilization on a sandy soil after application of pig slurry to cereal crops with different techniques.
- 200 1999 Enok Haak: Vädrets och kvävegödslingens inverkan på växtproduktion och näringsupptag i bördighetsförsöket R3-9008, 1985-1992.
Influence of weather and N-fertilization on DM-yield and nutrient uptake in the fertility experiment R3-9008, 1985-1992.

I denna serie publiceras forsknings- och försöksresultat från avdelningen för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet. Serien finns tillgänglig vid avdelningen och kan beställas därifrån.

This series contains reports of research and field experiments from the Division on Soil Fertility, Swedish University of Agricultural Sciences. The series can be ordered from the Division of Soil Fertility.

DISTRIBUTION:

Sveriges Lantbruksuniversitet
Avd för växtnäringslära
750 07 UPPSALA

Tel. 018-671249
